

**AG Qualität**  
**INSTITUT FÜR MATHEMATIK**

Windelberg, D.

**Lästigkeit  
und Schienenbonus**

aus „Zeitschrift für Lärmbekämpfung“:

42 (1995), 426 - 430

9. Mai 1994

## Lästigkeit und Schienenbonus

D. Windelberg, Hannover

### Zusammenfassung.

Zunächst werden die Methoden analysiert, nach denen in der in zwei deutschen Feldstudien die *Lästigkeit* von Schienen- und Straßenverkehrslärm in Abhängigkeit vom *Mittelungspegel* zur Ermittlung eines 'Schienenbonus' untersucht wurden. Dabei wird gezeigt, daß bereits in diesen Studien die *Frequenzverteilung* des Verkehrslärms die Lästigkeit beeinflusst; dennoch wurde sie von den Verfassern der Studien nicht berücksichtigt und führte somit zu einer unzulänglichen Definition des Schienenbonus.

Hier wird eine Funktion zur Beschreibung der Abhängigkeit zwischen den Parametern *Lästigkeit*, *Mittelungspegel* und *Frequenzverteilung* angegeben, die zu einer guten Approximation der Ergebnisse aus den beiden Studien führt.

Schlüsselwörter: Lästigkeit - Verkehrslärm - Schienenbonus - Frequenzverteilung

Annoyance due to traffic noise and its dependence on frequency. In Germany, two field studies tried to show that annoyance of traffic noise depends only on the equivalent sound level. Here the dependence of annoyance on the distribution of frequencies, especially on the part of heavy traffic, is shown and a function describing the dependencies is given.

Key words: annoyance - traffic noise - distribution of frequencies.

Mesurabilité de l'importunité du bruit. Deux enquêtes en Allemagne prétendent que l'importunité dépend du niveau de bruit moyen seulement. Ici une fonction est définie pour prendre l'intensité du trafic des marchandises en considération.

Mots clés: bruit du trafic - comparaison des sources de bruit - distribution des fréquences.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ziel</b>	<b>4</b>
1.1	Grundlagen . . . . .	4
1.2	Schienenbonus . . . . .	5
1.3	Inhalt . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Voraussetzungen</b>	<b>6</b>
2.1	Zum Verfahren bei den Felduntersuchungen . . . . .	6
2.2	Zur Stuttgarter Studie . . . . .	6
2.2.1	Anmerkungen . . . . .	7
2.3	Zur IF-Studie . . . . .	8
2.3.1	Anmerkungen . . . . .	9
2.4	Zur BImSchV . . . . .	10
2.4.1	Anmerkungen . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Mittelungspegel und 345-Lästigkeit</b>	<b>11</b>
3.1	Gebiete 1, 2 und 4 . . . . .	12
3.2	Extrapolation auf das Gebiet 3 . . . . .	12
3.3	Ergebnis . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Mittelungspegel und 45-Lästigkeit</b>	<b>14</b>
4.1	Gebiete 1, 2 und 4 . . . . .	14
4.2	Extrapolation auf das Gebiet 3 . . . . .	15
4.3	Ergebnis . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Mittelungspegel und IF-Lästigkeit</b>	<b>16</b>
5.1	Extrapolation auf die Gebiete der Stuttgarter Studie . . . . .	17
<b>6</b>	<b>Berücksichtigung des Güterzug-Anteils</b>	<b>18</b>
6.1	Grundkurve . . . . .	18
6.2	Lästigkeitskurve . . . . .	19
6.3	Weiterentwicklung einer Lästigkeitskurve . . . . .	19
6.4	Bestimmung des Korrelationskoeffizienten . . . . .	19
6.5	Anwendung auf die beiden Studien . . . . .	21
<b>7</b>	<b>Ausblick und Ergebnis</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>26</b>
8.1	Ingenieurwissenschaftliches Gutachten . . . . .	26
8.1.1	Aufgabenstellung . . . . .	26
8.1.2	‘Gutachterliche Stellungnahme’ . . . . .	26
8.2	Oberbundesanwalt-Gutachten . . . . .	28
8.2.1	Problem . . . . .	28
8.2.2	Gutachten . . . . .	28

# 1 Ziel

## 1.1 Grundlagen

In der „Stuttgarter Studie“ ([4]) von 1978 sowie der „IF-Studie“ ([6]) von 1983 sollte untersucht werden, in welchem Maße die *Lästigkeit von Schienenverkehrs-lärm* von der *Lästigkeit von Straßenverkehrslärm* abweicht.

Lästigkeit wird jedoch von jedem einzelnen Anlieger an einem der genannten Verkehrswege subjektiv empfunden und ist mit einem Meßgerät nicht erfassbar. Um dennoch zu einem meßbaren Vergleich der Lästigkeiten zu gelangen, wurde in den beiden o.g. Studien versucht, einen Zusammenhang zwischen *Lästigkeit* und dem physikalisch meßbaren *Mittelungspegel* zu bestimmen.

Bereits während der o.g. Untersuchungen wurde deutlich, daß der *Mittelungspegel* allein nicht ausreicht, um die *Lästigkeit* zu charakterisieren: Es gab Orte, an denen der Mittelungspegel gleich war, während sich die Lästigkeit sehr stark unterschied: In der Stuttgarter Studie sind dies die Orte Bietigheim und Kornwestheim, in der IF-Studie sind es Nierstein und Vilshofen. Es wurde daher bereits in den beiden Studien empfohlen, zukünftig den Einfluß der Parameter

- *Frequenzverteilung* und
- *Einwirkzeit* bzw. der *Ruhezeitanteil*

auf die *Lästigkeit* zu untersuchen ([4], Seite 97 ff und [6], Seite 228).

Diese Empfehlung wird auch von anderen Autoren aufgegriffen: Nicht nur der Mittelungspegel, sondern auch andere Faktoren können die Lästigkeit beeinflussen.

- Giesler/Nolle/Wende begründen in [1] die *Frequenzabhängigkeit* der Lästigkeit durch den Vergleich von Frequenzverteilungen unterschiedlich lästiger Güterzuglokomotiven
- Spreng/Leupold/Firsching beschreiben in [10] den Einfluß der *Zahl der Vorbeifahrten* auf die Lästigkeit durch ihre Untersuchung zu *Impuls* und *Tonalität*,
- Höger/Linz untersuchen in [3] die *Einwirkzeit* als subjektive Reizintegration *zeitlich verteilter* Schallereignisse und

Es zeigte sich, daß es für die Empfindung der Lästigkeit von Bedeutung ist, ob der Anteil an Güterverkehr hoch oder gering ist. Zur Vereinfachung wurden einige Orte ausgewählt, an denen die jeweilige Frequenzverteilung<sup>1</sup>) beim Schienenverkehr gemessen wurde. Durch eine Mittelbildung wurde aus den einzelnen Frequenzverteilungen der ausgewählten Orte *die typische Frequenzverteilung* für Schienenverkehrslärm - und entsprechend für Straßenverkehrslärm - berechnet (siehe dazu Heimerl in [2]. Dort werden die Bedingungen für eine *typische Eisenbahnstrecke* vorgestellt). - Eine solche Mittelbildung ist jedoch nicht zulässig, wie der Autor 1993 in [13] zeigte; daher ist es notwendig, an jedem Untersuchungsort neben dem Mittelungspegel auch die Frequenzverteilung zu messen und bei der Beurteilung der Lästigkeit diesen Parameter zu berücksichtigen.

---

<sup>1</sup>Die Frequenzverteilung gibt an, wie stark die „hohen“ Töne im Verhältnis zu den „tiefen“ Tönen innerhalb eines Verkehrsräusches vertreten sind

In den o.g. Studien blieben die Parameter *Frequenzverteilung* und *Einwirkzeit* ohne Berücksichtigung (sie wurden an den Meßorten nicht gemessen). Dennoch glaubten die Verfasser, auf der Grundlage ihrer Untersuchungen allgemein (für Deutschland) die Lästigkeit des Straßenverkehrslärms mit der des Schienenverkehrslärms auf der Grundlage des Mittelungspegels vergleichen zu können.

## 1.2 Schienenbonus

So kam es im 16. Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchV) von 1990 ([9]) zu der gesetzlichen Verankerung des „Schienenbonus“: Es wird - ohne Berücksichtigung von Frequenzverteilung und Einwirkzeit - auf der Grundlage des Mittelungspegels ein Berechnungsverfahren angegeben für den *Beurteilungspegel Straße* und für den *Beurteilungspegel Schiene*, wobei der Beurteilungspegel Schiene für „freie Strecken“ um  $5\text{dB}(A)$  gegenüber dem Beurteilungspegel Straße reduziert wird. Für diese Beurteilungspegel werden in der BImSchV Grenzwerte angegeben, um „den Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen“ zu gewährleisten.

Eine große Zahl der im In- oder Ausland erschienenen Publikationen sind von Schuemer/Schuemer-Kohrs in [8] zusammengetragen.

## 1.3 Inhalt

Hier werden die beiden o.g. Studien als Grundlage genommen für eine funktionale Beschreibung der Abhängigkeit zwischen den Parametern *Lästigkeit*, *Mittelungspegel* und *Frequenzverteilung*. Dazu wird in den Kapiteln 2 bis 5 die Unzulänglichkeit der bisherigen Beschreibung am Beispiel des Schienenverkehrslärms aufgezeigt. In Ermangelung genauer Angaben zu der jeweiligen Frequenzverteilung und Einwirkzeit wurde ersatzweise der *Güterverkehrs-Anteil* (als Anzahl der pro Stunde vorbeifahrenden Güterzüge) gewählt.

Im Kapitel 6 wird eine Funktion eingeführt, die zu einer besseren Approximation der Untersuchungsergebnisse aus den beiden Studien führt als die von den Verfassern der Studien verwendeten linearen Regressionen.

Wenn daher die Lästigkeit von Verkehrswegen meßtechnisch bestimmt werden soll, so sind an jeder Lärmquelle

- der Mittelungspegel und
- die Frequenzverteilung und
- die Einwirkzeit

zu messen.

Der nur vom Mittelungspegel abhängige „Schienenbonus“ kann nicht angewandt werden, da er die Lästigkeit insbesondere des Güterverkehrs nicht berücksichtigt.

## 2 Voraussetzungen

### 2.1 Zum Verfahren bei den Felduntersuchungen

Hier sollen die Untersuchungen angegeben werden, die dazu führten, Lästigkeitsunterschiede zwischen *Schienen-* und *Straßen-*Verkehrslärm in Form eines *Schienenbonus* zu beschreiben. Dazu wurden zwei Felduntersuchungen durchgeführt, bei denen Anlieger sowohl von Schienen- als auch von Straßen-Verkehrswegen zur Lästigkeit der jeweiligen Verkehrswege befragt wurden. Die Aussagen sind tabellarisch zusammengefasst. Es wurden *Mittelwerte* zu Antworten (in den Stufen von „1“ bis „5“) und *Standardabweichungen*<sup>2)</sup> eingeführt, um die Streuung der Antworten zu erfassen.

### 2.2 Zur Stuttgarter Studie

In der „Stuttgarter Studie“ ([4]) wird zum Schienenverkehrslärm an vier ausgewählten Orten der vom Schienenverkehr erzeugte Schalldruckpegel gemessen und eine Befragung der Anlieger bezüglich der Lästigkeit des Lärms durchgeführt.

Sie enthält zum Schienenverkehr die in der folgenden Tabelle zusammengefassten Daten:

Schienenverkehrsgebiete

Ortsbezeichnung		Gebiet 1 Waiblingen		Gebiet 2 Stuttgart	Gebiet 3 Bietigheim		Gebiet 4 Kornwestheim	
		1.1	1.2	2.1	3.1	3.2	4.1	4.2
Zahl der Gleise		2		2	3		4	
Zul. Fahrgeschw.		?		?	80		120	
Zugzahl in 24 Std.		87		186	353		402	
Anteil	Nah	62% $\equiv$ 53		57% $\equiv$ 106	10% $\equiv$ 35		40% $\equiv$ 161	
	Fern	19% $\equiv$ 17		22% $\equiv$ 41	37% $\equiv$ 131		43% $\equiv$ 173	
	Güter	10% $\equiv$ 9		10% $\equiv$ 19	48% $\equiv$ 169		10% $\equiv$ 40	
	Loko.	9% $\equiv$ 8		11% $\equiv$ 20	5% $\equiv$ 18		7% $\equiv$ 28	
Anz. Güterz. pro $h$		0.4		0.8	7.0		1.7	
$L_m$	Tag	59.5 dB(A)		61.0 dB(A)	67.7 dB(A)		73.4 dB(A)	
	Nacht	57.9 dB(A)		54.8 dB(A)	68.5 dB(A)		69.8 dB(A)	
$\Delta_{1./2.Reihe}$		5 dB(A)/25 m			3 dB(A)/30 m		7 dB(A)/30 m	
Anzahl Interviews		29	24	100	47	60	78	27
Be- lästi- gung- ( $n = 365$ ) (4.2.6)	1.keine	38 %	67 %	27 %	0 %	13 %	17 %	15 %
	2.schwache	24 %	29 %	27 %	4 %	27 %	15 %	33 %
	3.mittel	28 %	4 %	42 %	17 %	27 %	33 %	22 %
	4.stark	10 %	0 %	4 %	60 %	33 %	31 %	26 %
	5.untragbar	0 %	0 %	0 %	19 %	0 %	4 %	4 %
	Mittelwert	<b>2.10</b>	<b>1.37</b>	<b>2.23</b>	<b>3.94</b>	<b>2.80</b>	<b>2.90</b>	<b>2.71</b>
Standardabw.	<b>1.02</b>	<b>0.56</b>	<b>0.89</b>	<b>0.72</b>	<b>1.04</b>	<b>1.14</b>	<b>1.13</b>	

**Tabelle 1:** Untersuchung zur Lästigkeit des Schienenverkehrslärms in der Stuttgarter Studie

Es wird in der Stuttgarter Studie abschließend geurteilt:

<sup>2)</sup> *Standardabweichung* wird in der statistischen Literatur für *normale* Verteilungen definiert. Hier wird  $s$  definiert als „mittlere quadratische Abweichung“ von dem arithmetischen Mittel der ermittelten Lästigkeitsstufen. - Die Grenzfälle „1“ und „5“ werden nicht gesondert betrachtet.

- „Als maßgebliches akustisches Kriterium wurde die unterschiedliche Frequenzverteilung ermittelt“. (a.a.O., Seite 97)
- „Der A-bewertete Mittelungspegel  $L_m$ “ ist „nach DIN 45 641 allein nicht geeignet, den unterschiedlichen Lärm verschiedener Verkehrsmittel gleichermaßen zu beschreiben. In diesem Zusammenhang wäre zu prüfen, ob es nicht sinnvoll ist, zumindest die meßbaren Größen 'Einwirkzeit bzw. Ruhezeitanteil' und 'Frequenzbewertung' in die Ermittlungen eines einheitlichen Beurteilungspegels eingehen zu lassen.“ (a.a.O., Seite 102)

### 2.2.1 Anmerkungen

- Es wurde nur die Gesamtzahl der innerhalb von 24 Stunden gezählten Züge und Güterzüge angegeben, nicht aber eine Aufteilung in Tag und Nacht. Die Lästigkeit des Schienenverkehrslärmes wird nur am Tage betrachtet, „weil 85 % der Belästigungsnennungen auf Tageszeitbereiche entfielen“ ([4], Seite 77). Daher werden hier die Anzahlen für die am Tage fahrenden Schienenfahrzeuge und für die am Tage fahrenden Güterzüge aus den 24-Stunden-Angaben anteilig errechnet.
- Das Gebiet 3 (Bietigheim) ist auffällig anders als die drei anderen Schienenverkehrsgebiete: Im Durchschnitt fahren stündlich 7.0 Güterzüge durch das Gebiet, während in den anderen Gebieten maximal 1.7 Güterzüge pro Stunde fahren.
- In Bietigheim (3.1) beträgt der *Mittelungspegel* während der Nacht  $68,5 \text{ dB}(A)$ ; in Kornwestheim (Ort 4.1) erreicht er  $69,8 \text{ dB}(A)$ . Die *Lästigkeit* wird jedoch in Bietigheim mit 3,94 angegeben, während sie in Kornwestheim trotz des höheren Mittelungspegels nur bei 2,90 liegt.
- Eine Extrapolation der Ergebnisse der Stuttgarter Studie auf Gebiete  $G$ 
  - mit einem Mittelungspegel

$$L_{m,G,Tag} > 73.4 \text{ dB}(A) \quad [\text{bzw. } L_{m,G,Nacht} > 69.8 \text{ dB}(A) ]$$

oder

- mit mehr als 7.0 Güterzügen pro Stunde während 24 Stunden

ist unzulässig, da dies der höchste Mittelungspegel bzw. die höchste Anzahl an Güterzug-Vorbeifahrten für die untersuchten Gebiete ist.

## 2.3 Zur IF-Studie

Die „IF-Studie“ ([6] und [7]) enthält zum Schienenverkehr die in den folgenden Tabellen zusammengefaßten Daten:

Ort	Lästigkeit Tag	$s$	$L_m$ Tag in $dB(A)$	Zug- zahl in 24 Std.	Zug- zahl Tag	Anzahl Güterz. pro $h$ am Tag
Neu-Ulm	2.09	1.05	52.0	214	149	3.4
Oberasbach	2.34	1.06	55.0	106	98	1.8
Adelsheim	1.69	0.67	59.5	52	41	0.5
Veitsbronn	1.97	0.91	59.7	228	171	4.4
Freiburg	2.49	1.30	60.8	136	118	0.8
Neuß	2.80	1.08	66.4	196	159	1.3
Nürnberg	2.49	1.13	66.5	126	101	0.1
Langenprozelten	2.46	0.96	67.0	227	153	4.2
Vilshofen	2.62	0.99	67.7	79	59	1.1
Nierstein	2.57	1.12	68.3	183	132	1.1
Augsburg	2.46	1.14	70.0	258	204	3.1

*Tabelle 2a:* Mittelungspegel (Tag) und Lästigkeit (Tag) nach [7]  
sortiert nach aufsteigenden Mittelungspegeln (Tag)

Ort	Lästigkeit Nacht	$s$	$L_m$ Nacht in $dB(A)$	Zug- zahl in 24 Std.	Zug- zahl Nacht	Anzahl Güterz. Nacht pro $h$
Oberasbach	1.94	1.13	53.2	106	13	1.3
Neu-Ulm	2.18	1.21	54.2	214	65	2.3
Freiburg	2.47	1.32	56.8	136	18	0.5
Adelsheim	1.75	1.04	60.5	52	11	0.9
Veitsbronn	1.87	0.96	61.6	228	57	3.4
Neuß	2.36	1.04	66.6	196	37	2.5
Nürnberg	2.12	1.08	67.0	126	25	0.4
Langenprozelten	2.06	0.94	67.5	227	74	4.9
Vilshofen	2.92	1.04	67.6	79	20	1.4
Nierstein	2.28	1.03	68.3	183	51	3.3
Augsburg	2.18	1.07	68.6	258	48	3.5

*Tabelle 2b:* Mittelungspegel (Nacht) und Lästigkeit (Nacht) nach [7]  
sortiert nach aufsteigenden Mittelungspegeln (Nacht)

Es wird in der IF-Studie [6] als Grundvoraussetzung angenommen:

- „Geräuschbelastungen in  $dB(A)$ -Einheiten als Mittelungspegel gemessen und die Gestörtheit in Einheiten einer gleichabständigen Empfindungsskala“ können „hinlänglich genau“ durch lineare Gleichungen „charakterisiert werden“ (unabhängig von der Frequenzbewertung)<sup>3</sup> (a.a.O., Seite 63).
- „als physikalisches Maß zur Abbildung der Geräuschbelastung wurde der Mittelungspegel  $L_m$  in  $dB(A)$  ausgewählt, da dieser in den meisten Richtlinien, Normen und Verordnungen als Beurteilungsmaß eingeführt ist und ebenfalls in der Öffentlichkeit allgemein bekannt ist.“ (a.a.O., Seite 150)

und abschließend geurteilt:

<sup>3</sup>Diese Annahme wird sich im folgenden als falsch erweisen.



- „Aufgabe weiterer Untersuchungen könnte es daher sein, den Lästigkeitsunterschied durch gezielte Betrachtungen der Auswirkung der unterschiedlichen Frequenzverläufe und der zeitlichen Schwankung des Verkehrsgeräusches sowie der außerakustischen Faktoren auf die Gestörtheitsreaktionen zu erklären.“ (a.a.O., Seite 228)

### 2.3.1 Anmerkungen

- Der Anteil des Güterverkehrs wurde in der IF-Studie jeweils für den Tag und für die Nacht festgestellt.
- Für die Definition der Lästigkeit wurde hier aus der Befragung *GESSCH1* für den Tag [und *GESSCH2* für die Nacht] als *allgemeine Gestörtheit durch Schienenverkehrslärm* ausgewählt.
- Bei monoton aufsteigenden Mittelungspegeln (Tag) (siehe Tabelle 2a) ist auffällig, daß die Lästigkeit (Tag) nicht monoton aufsteigt. Es ist daher nicht zu erwarten, daß eine lineare Abhängigkeit zwischen Mittelungspegel (Tag) und Lästigkeit (Tag) zu begründen ist. z.B. beträgt in Vilshofen der *Mittelungspegel* während der Nacht  $67,6 \text{ dB}(A)$ ; in Nierstein erreicht er  $68,3 \text{ dB}(A)$ . Die *Lästigkeit* wird jedoch in Vilshofen mit 2,92 angegeben, während sie in Nierstein trotz des höheren Mittelungspegels nur bei 2,28 liegt.
- Durch den Ort Langenprozelten fahren (mit 4.2 [4.9] Güterzügen pro Stunde am Tag [in der Nacht] bei 227 Zügen innerhalb von 24 Stunden) die meisten Güterzüge im Vergleich zu den anderen Orten dieser Studie.
- Eine Extrapolation der Ergebnisse der IF-Studie auf Gebiete  $G$ 
  - mit einem Mittelungspegel  $L_{m,G,Tag} > 70.0 \text{ dB}(A)$  [bzw.  $L_{m,G,Nacht} > 68.6 \text{ dB}(A)$ ] oder
  - mit mehr als 4.9 Güterzügen pro Stunde während der Nacht

ist unzulässig, da dies der höchste Mittelungspegel bzw. die höchste Anzahl an Güterzug-Vorbeifahrten für die untersuchten Gebiete ist.

## 2.4 Zur BImSchV

Es wird ein Berechnungsverfahren in der BImSchV [9] angegeben sowohl für den

*Beurteilungspegel Straße in der Nacht:*

$$L_{r,N}^{Straße} = L_{m,St,N}^{(25)} + D_v + D_{StrO} + D_{Stg} + D_{s\perp} + D_{BM} + D_B + K$$

als auch für den

*Beurteilungspegel Schiene in der Nacht:*

$$L_{r,N}^{Schiene} = L_{m,Sch,N}^{(25)} + D_{Fz} + D_{l,v} + D_{Fb} + D_{s\perp} + D_{BM} + D_B + S \quad ,$$

wobei  $S = -5 \text{ dB}(A)$  für „freie Strecken“ ist - entsprechend werden auch die Beurteilungspegel für den Tag definiert.

In der Definition von  $L_{m,Sch,N}$  ist der Anteil der klotzgebremsten Fahrzeuge zwar bezüglich des von ihnen erzeugten Mittelungspegels berücksichtigt, nicht aber bezüglich der Lästigkeit. (Wenn die Lästigkeit eine (eindeutig definierbare) Funktion des Mittelungspegels wäre, könnte die Lästigkeit des Güterverkehrs-Anteils aus dem Mittelungspegel berechnet werden.)

Nach Tabelle B der *Anlage 2 zur BImSchV* sind Lokomotiven immer mit Klotzbremsen versehen; für Güterzüge bleiben bis zum Jahr 2000 *sämtliche* Wagen mit Klotzbremsen ausgestattet, während sämtliche Personenzüge (bis auf Eilzüge) bis zum Jahr 2000 mit Scheibenbremsen ausgestattet sein sollen (D/FD-Züge sind zur Zeit noch nicht vollständig umgerüstet).

### 2.4.1 Anmerkungen

- Der Anteil des Güterverkehrs wird in der BImSchV jeweils für den Tag und für die Nacht getrennt berücksichtigt in Diagramm I, das identisch ist mit der in der Schall 03 angegebenen Abhängigkeit des Mittelungspegels von dem Anteil an scheibengebremsten Fahrzeugen.
- Die Lästigkeit des Güterverkehrs-Anteils wird durch die Berechnung nicht erfaßt.
- Der „Zuschlag für erhöhte Störwirkung von lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Einmündungen“ fehlt beim Schienenverkehrslärm, obwohl auch dort Signale den Verkehr regeln.

### 3 Mittelungspegel und 345-Lästigkeit

Es sei in diesem Abschnitt die Lästigkeit *lästig*<sup>345</sup> definiert als „3. mittlere“, „4. starke“ oder „5. unerträgliche“ Belästigung im Sinne der Befragung der Stuttgarter Studie [4]. Wenn es eine lineare Abhängigkeit zwischen

- dem prozentualen Anteil  $A_{1234}^{345}$  der Anlieger, die den Lärm als *lästig* im Sinne der obigen Definition empfinden, und
- dem Mittelungspegel  $L_m$  in  $dB(A)$

gibt, so soll hier die Zuordnung angegeben werden.

Aus der Tabelle 1 lassen sich für die 7 Mittelwerte folgende Werte ablesen:

Mittelwert	Anteil Güterzüge	Anzahl Güterzüge pro $h$ am Tag	$L_m$ in $dB(A)$	$A_{1234}^{345}$ in %
1.1	10 %	0.4	59.5	38
1.2	10 %	0.4	54.5	4
2.1	10 %	0.8	61.0	46
3.1	48 %	7.0	67.7	96
3.2	48 %	7.0	64.7	60
4.1	10 %	1.7	73.4	68
4.2	10 %	1.7	66.4	52

*Tabelle 3:* Ausgangsdaten für lineare Regression

Wie in der Stuttgarter Studie ergibt sich mit Hilfe linearer Regression bei einem Korrelationskoeffizienten  $\kappa = 0.81$  die in Abbildung 1 dargestellte Abhängigkeit. Infolge der starken Schwankungen der Antworten auf die Fragen zur Lästigkeit ist nicht eine Kurve dargestellt, sondern ein breites Band angegeben, innerhalb dessen sich die Mittelwerte der gegebenen Antworten wiederfinden. (Der Korrelationskoeffizient gibt an, wie gut die Abhängigkeit durch eine Gerade beschrieben werden kann: Ist der Wert gleich 1, so ist die Abhängigkeit linear und folglich die Kurve eine Gerade. Je kleiner der Korrelationskoeffizient, desto ungerechtfertigter ist diese Annahme.)

Mittelungspegel  
[in  $dB(A)$ ]

**Abbildung 1:** Lästigkeit und Mittelungspegel für 7 Mittelwerte (+)  
aus den vier Stuttgarter Schienenverkehrs-Gebieten 1, 2, 3 und 4  
(Lästigkeit [in %]  
(punktierte Linien = Regressionsgeraden mit  $\kappa = 0.81$ )  
(mittel, stark und untragbar)

### 3.1 Gebiete 1, 2 und 4

Es sei aus den Untersuchungen der Gebiete 1, 2 und 4 (mit 10 % Güterverkehr und 6, 13 bzw. 27 Güterzügen am Tag nach Tabelle 1) die Abhängigkeit der Lästigkeit vom Mittelungspegel für diesen Güterverkehrs-Anteil mit Hilfe des in der Stuttgarter Studie angegebenen Verfahrens bestimmt worden (siehe Abbildung 2).

Wenn die Lästigkeit nur vom Mittelungspegel abhängig wäre, dann könnte - wegen der Linearität - die Lästigkeitsbestimmung für das Gebiet 3 auf die Lästigkeitsbestimmung in den Gebieten 1, 2 und 4 zurückgeführt werden. Dies soll im folgenden untersucht werden.

Es wird die Abhängigkeit der Lästigkeit vom Mittelungspegel nur für die 5 Mittelwerte in den Gebiete 1, 2 und 4 mit den Methoden wie zuvor bestimmt<sup>4</sup>).

Mittelungspegel  
[in  $dB(A)$ ]

**Abbildung 2:** Lästigkeit und Mittelungspegel für 5 Mittelwerte  
aus den drei Stuttgarter Schienenverkehrs-Gebieten 1, 2 und 4  
( $\kappa = 0.92$ )  
( $\times$  ist der Mittelwert aus Gebiet 3.1)

### 3.2 Extrapolation auf das Gebiet 3

Es ist  $L_{m,3.1,Tag} = 67.7 dB(A)$  für die 1.Reihe in Gebiet 3. Der zu  $L_{m,3.1,Tag}$  gehörende Lästigkeitsanteil

$$A_{3.1}^{345}(L_{m,3.1,Tag}) = A_{3.1}^{345}(67.7 dB(A)) = 96 \%$$

<sup>4</sup>Die Beschreibung der Abhängigkeit für die drei Gebiete 1, 2 und 4 (mit  $\kappa = 0.92$ ) ist besser als die mit allen 7 Mittelwerten ( $\kappa = 0.81$ )

ist in Abbildung 2 (als '×') eingezeichnet. Es ist deutlich erkennbar, daß dieser Lästigkeitsanteil nicht mehr in dem Lästigkeitsbereich der Abbildung 2 liegt, sondern die Lästigkeit höher ist.

Folglich kann vermutet werden, daß bei gleichem Mittelungspegel die Lästigkeit steigt, wenn der Anteil des Güterverkehrs höher wird.

Um diese qualitative Aussage auch quantitativ zu belegen, kann aus den Ungleichungen zu Abbildung 2 abgelesen werden, daß sich 43.4 % bis 69.4 % der Anlieger bei  $L_{m,124} = 67.7 \text{ dB}(A)$  belästigt (im Sinne der obigen Definition) fühlen würden, wenn im Gebiet 3.1 nur so viele Güterzüge wie in einem der Gebiete 1, 2 oder 4 verkehren würden, denn es gilt

$$43.5 \% \leq A_{124}^{345}(67.7 \text{ dB}(A)) \leq 69.4 \%.$$

Würde die Lästigkeit nur vom Mittelungspegel (und nicht auch von der Zahl der Güterzüge und/oder vom Güterverkehrsanteil) abhängen, so müßte nach Abbildung 2 der Mittelungspegel in einem der Gebiete 1, 2 oder 4 im Bereich von

$$75.3 \text{ dB}(A) \leq L_m \leq 85.3 \text{ dB}(A).$$

liegen, damit sich 96 % der Anlieger belästigt (im Sinne der Definition für 345-Lästigkeit) fühlen <sup>5</sup>).

### 3.3 Ergebnis

Die Annahme einer linearen Abhängigkeit zwischen 345-Lästigkeit und Mittelungspegel ist unwahrscheinlich. Der Einfluß des Güterverkehrs ist deutlich erkennbar.

---

<sup>5</sup>Dieser Anteil der Anlieger fühlt sich belästigt bei 48 % Güterverkehrs-Anteil bei 113 Güterzügen am Tag.

## 4 Mittelungspegel und 45-Lästigkeit

Es sei in diesem Abschnitt *lästig*<sup>45</sup> definiert als „4. starke“ oder „5. unerträgliche“ Belästigung im Sinne der Befragung der Stuttgarter Studie. Gesucht ist eine lineare Abhängigkeit zwischen

- dem prozentualen Anteil  $A_{1234}^{45}$  der Anlieger, die den Lärm als *lästig* im Sinne der obigen Definition empfinden, und
- dem Mittelungspegel  $L_m$  [in  $dB(A)$ ].

Aus der Tabelle 1 lassen sich für die 7 Mittelwerte folgende Werte ablesen:

Mittelwert	Anteil Güterzüge	Anzahl Güterzüge pro $h$ am Tag	$L_m$ [in $dB(A)$ ]	$A_{1234}^{45}$ [in %]
1.1	10 %	0.4	59.5	10
1.2	10 %	0.4	54.5	0
2	10 %	0.8	61.0	4
3.1	48 %	7.0	67.7	79
3.2	48 %	7.0	64.7	33
4.1	10 %	1.7	73.4	35
4.2	10 %	1.7	66.4	30

*Tabelle 4:* Ausgangsdaten für lineare Regression

### 4.1 Gebiete 1, 2 und 4

Für die 45-Lästigkeit in den Gebieten 1, 2 und 4 ergibt lineare Regression die in Abbildung 3 dargestellte Abhängigkeit der Lästigkeit vom Mittelungspegel.

Mittelungspegel  
[in  $dB(A)$ ]

**Abbildung 3:** Lästigkeit und Mittelungspegel für 5 Mittelwerte (+)  
aus den drei Stuttgarter Schienenverkehrs-Gebieten 1, 2 und 4  
( $\kappa = 0.95$ )  
( $\times$  ist der Mittelwert aus Gebiet 3.1)

## 4.2 Extrapolation auf das Gebiet 3

Es ist  $L_{m,3.1,Tag} = 67.7 dB(A)$  für die 1.Reihe in Gebiet 3. Der zu  $L_{m,3.1,Tag}$  gehörende Lästigkeitsanteil

$$A_{3.1}^{45}(L_{m,3.1,Tag}) = A_{3.1}^{45}(67.7 dB(A)) = 79 \%$$

ist in Abbildung 3 eingezeichnet. Es ist deutlich erkennbar, daß dieser Lästigkeitsanteil nicht mehr in dem vorhersehbaren Bereich, sondern darüber liegt.

Folglich gilt auch hier, daß

bei gleichem Mittelungspegel die Lästigkeit höher ist, wenn der Anteil des Güterverkehrs höher ist.

Würde die Lästigkeit nur vom Mittelungspegel (und nicht auch von der Zahl der Güterzüge und/oder vom Güterverkehrsanteil) abhängen, so müßte nach Abbildung 3 der Mittelungspegel in einem der Gebiete 1, 2 oder 4 im Bereich von

$$89.1 dB(A) \leq L_m \leq 97.8 dB(A).$$

liegen, damit sich 79% der Anlieger belästigt (im Sinne der Definition '45-Lästig') fühlen<sup>6</sup>).

## 4.3 Ergebnis

Die Annahme einer linearen Abhängigkeit auch zwischen 45-Lästigkeit und Mittelungspegel ist unwahrscheinlich. Der Einfluß des Güterverkehrs ist auch hier deutlich erkennbar.

---

<sup>6</sup>Dieser Anteil der Anlieger fühlt sich im Gebiet 3.1 am Tag belästigt.

## 5 Mittelungspegel und IF-Lästigkeit

In den Abbildungen 4 und 5 sind die Ergebnisse aus der Stuttgarter- und der IF-Studie gemeinsam dargestellt. Für die IF-Studie wurde die „allgemeine Gestörtheit durch den Schienenverkehr (GESSCH1)“ für den Tag angegeben, deren Beurteilung - wie in der Stuttgarter Studie - durch ganze Zahlen von 1 bis 5 vorgenommen wurde; allerdings unterscheiden sich die Zuordnungen in beiden Studien.

Mittelungspegel  
[in  $dB(A)$ ]

*Abbildung 4:* Mittelwerte (+) der IF-Studie mit ihren jeweiligen Standardabweichungen, ergänzt durch ihren Toleranzbereich mit  $\kappa = 0.62$ . Der niedrige Korrelationskoeffizient deutet darauf hin, daß kein linearer Zusammenhang besteht. Zusätzlich sind die Mittelwerte  $\top$  aus den vier Gebieten der Stuttgarter Studie eingetragen.



## 5.1 Extrapolation auf die Gebiete der Stuttgarter Studie

In der Abbildung 4 wurden bereits die Mittelwerte der Stuttgarter Studie eingetragen: Es wird deutlich, daß der Mittelwert aus Gebiet 3.1 außerhalb jeglicher Toleranz- und Variationsbereiche der IF-Studie liegt. Umgekehrt liegen alle Mittelwerte der IF-Studie innerhalb des Variationsbereiches der Stuttgarter Studie, wie die Abbildung 5 zeigt.

Mittelungspegel  
[in  $dB(A)$ ]

*Abbildung 5:* Mittelwerte (+) der Stuttgarter Studie mit ihren jeweiligen Standardabweichungen, ergänzt durch den Toleranzbereich aus den drei Schienenverkehrs-Gebieten 1, 2 und 4 ( $\kappa = 0.96$ ), sowie durch den Toleranzbereich aller 4 Gebiete (punktierte Linien) mit  $\kappa = 0.79$ . Die Mittelwerte der IF-Studie sind durch ein  $\top$  gekennzeichnet.

(1=nicht, 2=schwach, 3=mittel, 4=stark und 5=untragbar)

## 6 Berücksichtigung des Güterzug-Anteils

### 6.1 Grundkurve

B=6

Für ein Intervall  $[51, L_{max}]$  soll ein Maß für die *Lästigkeit*  $A^R(L_m, g)$  während einer Stunde

durch folgende Parameter bestimmt werden:

$g$  sei die Anzahl der in der Stunde vorbeifahrenden Güterzüge,

$B$  sei die *Pegelbreite*; das ist die Differenz zwischen maximalem und minimalem Pegelwert,

$M$  sei der *Mittelpegel*; das ist der Pegelwert, für den die Lästigkeit als „mittel“ angegeben wird.

Dann sei  $A^R(L_m, g)$  für  $g = 0$  bestimmt durch die Gleichung

$$A^R = A^R(L_m, 0) := 3 + 2 \cdot \frac{L_m - M}{\sqrt{B^2 + (L_m - M)^2}} \quad (1)$$

Abbildung 6 zeigt die Grundkurven für  $B = 6$ ,  $B = 12$  und  $M = 70$  sowie  $M = 80$ .

Mittelungspegel  
[in dB(A)]

*Abbildung 6:* Rechnerische Lästigkeit  $A^R$  als Funktion des Mittelungspegels  $L_m$  für  $M = 70$  und  $M = 80$  sowie  $B = 6$  und  $B = 12$  ohne Güterzugverkehr ( $g = 0$ )

## 6.2 Lästigkeitskurve

$g=5$

$g=0$

Wenn die Anzahl der pro Stunde vorbeifahrenden Güterzüge größer als 0 ist, so sei  $\Gamma$  der *Güterzugfaktor* mit

$$A^R(L_m, g) := 3 + 2 \cdot \frac{(M - 51) \cdot (L_m - M + \Gamma \cdot g)}{\sqrt{B^2 \cdot (51 - M + \Gamma \cdot g)^2 + (51 - M)^2 \cdot (L_m - M + \Gamma \cdot g)^2}} \quad (2)$$

Hier wurden die Koeffizienten so bestimmt, daß bei  $L_m = 51 \text{ dB}(A)$  für jedes  $g$  gilt

$$A^R(51, g) = A^R(51, 0)$$

Abbildung 7 zeigt für  $B = 6$  und  $M = 80$  die Abhängigkeit der Lästigkeit von  $L_m$  bei  $\Gamma = 3$  und  $g = 0, 1, 2, 3, 4$  sowie  $5$ .

Mittelungspegel  
[in  $\text{dB}(A)$ ]

*Abbildung 7: Einfluß des Güterverkehrs-Anteils auf die Grundkurve mit  $M = 80$  und  $B = 6$  für  $g = 0, g = 1, g = 2, g = 3, g = 4$  und  $g = 5$*

## 6.3 Weiterentwicklung einer Lästigkeitskurve

Die bisherige Untersuchung der beiden Feldstudien zeigt, daß die Lästigkeit von Verkehrslärm durch Befragungen nur unzureichend beurteilt werden kann. Problematisch an einer Befragung ist zugleich die von Weinberger in [12] festgestellte Abhängigkeit der *Gesamtzahlungsbereitschaft* für eine Verringerung des Lärms von dem *Informationsstand des Befragten*: Durch Mittelwertbildung bei der Lästigkeit wird gleichzeitig über die Informationsstände der Befragten gemittelt. Weiter wird bei der Befragung über Diskotheken-Besucher und ruhesuchende Kopfarbeiter gemittelt. Es bleibt daher die Frage, ob durch Mittelwertbildung aus Befragungen eine angemessene Beschreibung der Lästigkeit erreicht werden kann: So kann es nicht sein, daß etwa durch eindeutig gesundheitsschädigende Verhaltensweisen einer größeren Bevölkerungsgruppe die Gesundheit einer kleineren Bevölkerungsgruppe in Frage gestellt wird.

Daher wird hier versucht, auf der Grundlage bereits gewonnener Erkenntnisse die Diskussion für die Entwicklung einer Lästigkeitskurve anzuregen. Dennoch soll der Zusammenhang zwischen Befragung und Lästigkeitskurve in dem folgenden Abschnitt beschrieben werden.

## 6.4 Bestimmung des Korrelationskoeffizienten

Es seien  $N$  Messungen bzw. Befragungen der Parameter

- Mittelungspegel  $L_{m,i}$
- Anzahl  $g_i$  der pro Stunde vorbeifahrenden Güterzüge

- Lästigkeit  $A_i^F$  in den Stufen „nicht lästig (1)“, „schwach lästig (2)“, „mittel lästig (3)“, „stark lästig (4)“ und „unerträglich lästig (5)“

für  $1 \leq i \leq N$  durchgeführt. Nach Gleichung (2) kann dann eine Lästigkeitskurve so bestimmt werden, daß die Abweichungen der Mittelwerte von der Lästigkeitskurve in Richtung der Lästigkeits-Achse  $A^F$  minimal werden. Ebenso gibt es eine Lästigkeitskurve, für die die Abweichungen in waagerechter Richtung minimal werden. Aus diesen Abweichungen kann - wie bei der Bestimmung der beiden Regressionsgeraden - ein Korrelationskoeffizient  $\bar{\kappa}$  berechnet werden. Dieser Korrelationskoeffizient kann mit dem Korrelationskoeffizienten  $\kappa$  aus der linearen Regression verglichen werden: Eine Anpassung einer Kurve an die Daten ist um so besser, je näher dieser Koeffizient an 1 liegt.

## 6.5 Anwendung auf die beiden Studien

Hier sollen die Daten aus der IF und der Stuttgarter Studie für die Nacht zusammengefaßt werden. Dann ergibt sich für die lineare Regression (Abbildung 8) ein Korrelationskoeffizient  $\kappa = 0.55$ :

Mittelungspegel  
[in  $dB(A)$ ]

Abbildung 8: Regression für die Nacht-Daten aus den beiden Studien  
( $\kappa = 0.55$ )

Das Ergebnis der Befragung zur Lästigkeit von Schienenverkehrslärm in der Nacht wird durch die Mittelwerte mit ihren Standardabweichungen in Abbildung 8 dargestellt. Für Mittelungspegel zwischen  $65$  und  $68\text{ dB}(A)$  wird erstaunlicherweise an verschiedenen Orten die Lästigkeit im Mittel einmal als *schwach* und an einem anderen Ort als *stark* empfunden. An anderen Orten beschreiben die Anlieger den Lärm zu diesem Mittelungspegel noch anders. Diese starke Variation findet ihren Niederschlag in dem niedrigen Korrelationskoeffizienten für die Nacht ( $\kappa = 0.55$ ) niedriger als in der Abbildung 5 ( $\kappa = 0.79$ ) für die Stuttgarter Studie (Hörschwellen, 3. und 4. Mittel, 4. und 5. und die IF-Studie allein ( $\kappa = 0.62$ ) in Abbildung 4.

An jedem dieser Orte variiert zudem die Mehrzahl der Antworten um zwei ganze Lästigkeitsstufen. Dadurch wird der Zusammenhang noch zweifelhafter. Aus den zuvor genannten Gründen ('keine Trennung des Güterzuganteils Tag/Nacht' in der Stuttgarter Studie und 'widersprüchliche Befragungsergebnisse' in der IF-Studie) ist keine höhere Differenzierung bezüglich der die Lästigkeit beeinflussenden Parameter zu erwarten.

Die Abbildung 8, in der die Befragungsergebnisse aus den beiden Felduntersuchungen zur Belästigung bei Nacht zusammen dargestellt sind, zeigt deutlich, daß insbesondere ein linearer Zusammenhang zwischen Lästigkeit und Mittelungspegel nicht erkennbar ist. Auch der in Abbildung 9 angegebene Versuch, den Güterzug-Anteil zu berücksichtigen, führt noch nicht zu einer eindeutigen Zuordnung. Dennoch ist der Korrelationskoeffizient  $\bar{\kappa}$  mit  $0.62$  in Abbildung 9 höher als  $\kappa (= 0.55)$  in Abbildung 8 und somit eine Verbesserung der bisherigen Berechnungsmethoden.

Mittelungspegel  
[in  $dB(A)$ ]

**Abbildung 9: Berücksichtigung des Güterzug-Anteils für die Nacht-Daten aus den beiden Studien ( $\bar{\kappa} = 0.62$ )**

## 7 Ausblick und Ergebnis

In dieser Untersuchung wurde nur der Einfluß des Güterzug-Anteils auf die Lästigkeit betrachtet, obwohl bekannt ist, daß auch andere Parameter die Lästigkeit beeinflussen. Da jedoch eine Abhängigkeit der weiteren Parameter untereinander und vom Güterzug-Anteil zunächst untersucht werden muß, werden hier zunächst diese Parameter vernachlässigt.

Die meßbar unterschiedliche Belästigung bei Tag und Nacht für Straße und Schiene wirft zusätzlich die Frage auf, ob bei einer Befragung am Tage die Lästigkeit in der Nacht ‘angemessen’ beschrieben wird. In der IF-Studie wurde ermittelt:

Ort	Straße							Schiene						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$L_{m,Tag}$	72	63	57	72	70	65	62	70	67	61	68	68	60	55
$L_{m,Nacht}$	67	52	47	64	68	61	52	69	67	57	68	68	61	53
$\Delta_{Tag,Nacht}$	5	11	10	8	2	4	10	1	0	4	0	0	-1	2

**Tabelle 5:** Unterschied der Belastung Tag/Nacht an Straße/Schiene in der IF-Studie

Den meßbaren Unterschieden zwischen *Tag* und *Nacht* und *Schiene* und *Straße* stehen die in den vorangehenden Kapiteln angegebenen Befragungsergebnisse zur Lästigkeit aus den beiden Felduntersuchungen gegenüber. Sie sind in keiner Weise eindeutig, d.h.

- es gibt keine Funktion  $f$  im Sinne der IF-Studie ([6], Seite 63), so daß gilt

$$f(\text{Mittelungspegel [in } dB(A)]) = \text{Lästigkeit [in Stufen]}$$

Damit ist das Ergebnis aus den beiden Felduntersuchungen nicht geeignet, einen global geltenden Unterschied in der Lästigkeit zwischen Schienen- und Straßenverkehrslärm erkennen zu lassen.

- Die Verstärkung der Lästigkeit bei Erhöhung des Güterverkehrs-Anteils wird durch die Erhöhung des Mittelungspegels nach der Schall 03 nicht erfaßt, da die Lästigkeit nicht linear von dem Mittelungspegel abhängt.
- Die Annahme der IF-Studie, daß
  - *akustische Geräuschbelastung* an einem Ort  $A$  gleich der akustischen Geräuschbelastung an einem Ort  $B$  ist, wenn der Mittelungspegel in  $A$  mit dem in  $B$  übereinstimmt,
 ist physikalisch falsch, weil die Lästigkeit insbesondere durch unterschiedliche Güterverkehrs-Anteile beeinflußt wird.
- Die Lästigkeit von Güterzügen während der Nacht (von 22:00 bis 6:00 Uhr) ist bisher unzureichend untersucht, so daß die Lästigkeit bei Nacht bei unterschiedlichen Güterverkehrs-Anteilen nicht beurteilt werden kann. Dennoch wird in beiden Studien darauf hingewiesen, daß der Einfluß der unterschiedlichen Frequenzverteilungen noch untersucht werden sollte.

Für Schienen- und Straßenverkehrslärm bei Tag und bei Nacht ergibt sich aus der Literatur [1], [3], [10] und aus der vorliegenden Untersuchung:

- Die Lästigkeit von Schienenverkehrslärm kann nicht durch einen Schienenbonus mit dem Straßenverkehrslärm verglichen werden, weil
  - neben dem Lärmmittelungspegel der Güterverkehrs-Anteil mit 'Zahl der Vorbeifahrten' und mit 'Einwirkzeiten'die Lästigkeit wesentlich beeinflussen.

## Literatur

- [1] Giesler, H.-J. und A. Nolle und H. Wende: *Geräuschemission von Diesellokomotiven der Deutschen Reichsbahn*. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 40(1993), 61-64.
- [2] Heimerl, G. und Holzmann, E.: *Beurteilung von Verkehrslärm - Untersuchungen zur Belästigungswirkung an Straße und Schiene*. AET 34 (1979), 43-52.
- [3] Höger, R. und L. Linz: *Subjektive Reizintegration zeitlich verteilter Schallereignisse*. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 39(1992), 140-144.
- [4] Holzmann, E.: *Ermittlung der Belästigung durch Verkehrslärm in Abhängigkeit von Verkehrsmittel und Verkehrsdichte in einem Ballungsgebiet (Straßen- und Eisenbahnverkehr)*. Bericht 13 der Forschungsarbeiten des Verkehrswissenschaftlichen Instituts an der Universität Stuttgart, Hrsg. Professor Dr.-Ing. G. Heimerl. Stuttgart (1978)
- [5] *Literaturstudie über die Lästigkeit von Schienenverkehrslärm allein und im Vergleich zu anderen Verkehrslärmquellen*. 1985.
- [6] Planungsbüro Obermeyer: *Interdisziplinäre Feldstudie II (IF-Studie II). Über die Besonderheiten des Schienenverkehrslärms gegenüber dem Straßenverkehrslärm (erweiterte Untersuchung)*. Bericht über ein Forschungsvorhaben zum Verkehrslärmschutzgesetz. Im Auftrage des Bundesministers für Verkehr. - Band I, Hauptbericht - München 1983.
- [7] Planungsbüro Obermeyer: *Interdisziplinäre Feldstudie II. Über die Besonderheiten des Schienenverkehrslärms gegenüber dem Straßenverkehrslärm (erweiterte Untersuchung)*. Bericht über ein Forschungsvorhaben zum Verkehrslärmschutzgesetz. Im Auftrage des Bundesministers für Verkehr. - Band II, Anlagen - München 1983.
- [8] Schuemer, R. und A.Schuemer-Kohrs: *Lästigkeit von Schienenverkehrslärm im Vergleich zu anderen Lärmquellen - Überblick über Forschungsergebnisse*. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 38(1991), 1-9.
- [9] *Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV)*. 1990.
- [10] Spreng, M. und S.Leupold und P.Firsching: *Gehörschadensrichtige Bewertung impulsiver und tonaler Industrieschalle: Versuch eines Einwertzuschlags*. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 39(1992), 31-38.



- [11] *VDI-Richtlinie VDI-3722, Wirkungen von Verkehrsgeräuschen*. 1988.
- [12] Weinberger, M.: *Gesamtwirtschaftliche Kosten des Lärms in der Bundesrepublik Deutschland*. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 39(1992), 91-99.
- [13] Windelberg, D.: *Typische Frequenzverteilung - Analyse einer problematischen Definiton*. Eingereicht bei Zeitschrift für Lärmbekämpfung am 17.11.1993

Dr. Dirk Windelberg  
AG Qualität im Institut für Mathematik  
Universität Hannover  
Welfengarten 1  
D-30167 Hannover

## 8 Anhang

### 8.1 Ingenieurwissenschaftliches Gutachten

#### 8.1.1 Aufgabenstellung

Herr Dipl.-Ing. Ulrich Möhler, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schallschutz im Verkehrs- und Städtebau, Schwanthalerstr. 79, D-80336 München, Telefon 089-543 82 00, wurde von der Deutschen Bundesbahn, Bundesbahnzentralamt München, Dezernat 103, beauftragt, u.a. für die vorangehende Arbeit „Lästigkeit und Schienenbonus“ eine gutachterliche Stellungnahme anzufertigen. Darin sollte diese Arbeit *auf ihre Aussagen bezüglich des „Schienenbonus“ überprüft werden und mit dem derzeitigen Erkenntnisstand verglichen und beurteilt werden.*

In der folgenden *Gutachterlichen Stellungnahme* wird wörtlich der Text der Stellungnahme vom 13.10.1993 abgedruckt, wobei für diese die Literatur [5] und [11] angegeben wird.

#### 8.1.2 ‘Gutachterliche Stellungnahme’

Der Autor versucht anhand der „Stuttgarter Studie“ und der „IF-Studie“ u.a. nachzuweisen, daß „der nur vom Mittelungspegel abhängige Schienenbonus nicht angewandt werden kann, da er die unterschiedliche Belastung insbesondere durch Güterverkehr nicht berücksichtigt.“

Die Aussage, daß die Lästigkeit des Güterverkehrsanteil nicht ausreichend berücksichtigt ist, läßt sich aus den Auswertungen der „Stuttgarter Studie“ und der „IF-Studie“ nicht nachweisen.

Ziel der „Stuttgarter Studie“ und der „IF-Studie“ war, die Größe des Lästigkeitsunterschieds zwischen Straßen- und Schienenverkehrslärm bei gleichem Mittelungspegel durch Befragungen und Schallmessungen zu quantifizieren. Es wurde daher in diesen Studien ein Untersuchungsplan erstellt, der gezielt auf diese Fragestellung ausgerichtet war. Aus diesem Grund wurden z.B. in der IF-Studie insgesamt 20 Untersuchungsgebiete, verteilt über die Bundesrepublik, ausgewählt, in denen Schienen- und Straßenverkehrslärm in unterschiedlicher Intensität vorhanden war. In diesen Gebieten wurden insgesamt ca. 1600 Anwohner befragt; anschließend wurde die gesamte Lärmbelastung der Befragten gemessen und für die jeweilige Lärmart (Schiene oder Straße) errechnet. Schließlich wurde die gemessene Lärmbelastung mit der erfragten Lästigkeitsreaktion verknüpft und - durch aufwendige statistische Verfahren - die Lästigkeitsunterschiede zwischen Schienen- und Straßenverkehrslärm ermittelt.

Die Auswahl der Untersuchungsgebiete erfolgte so, daß für den jeweiligen Verkehrsweg eine möglichst umfangreiche Bandbreite von typischen Straßen- und Schienenlärmsituationen abgedeckt wird, gleichzeitig jedoch untypische Situationen vermieden werden. So wurden z.B. keine Gebiete mit Rangierlärm oder Autobahnlärm ausgewählt. Dagegen wurden durchaus Gebiete berücksichtigt, in denen z.B. der für Schienenverkehr typische geringe Unterschied in der Tag-/Nachtbelastung vorhanden war und der Güterzuganteil nachts z.B. hoch war im Vergleich zum Güterzuganteil tagsüber. Die Anzahl der Güterzugvorbeifahrten in den sog. Schienengebieten variierte zwischen einer und

fünf Zugvorbeifahrten je Stunde bei Nacht.

Differenzierte Auswertungen zum Schienenbonus in der IF-Studie ergaben, daß der Schienenbonus bei Nacht wesentlich höher ist, als bei Tag.

Da gerade im Nachtzeitraum in den untersuchten Gebieten ein höherer Anteil von Güterzügen festgestellt wurde als tagsüber, erscheint die vom Autor vermutete erhöhte Lästigkeit von Güterzügen in dem in der 16.BImSchV mit nur 5 dB(A) (statt möglicher 10 dB(A) bei Nacht) angesetzten Schienenbonus in jedem Fall ausreichend berücksichtigt.

Außerdem soll anhand eines Beispielen aufgezeigt werden, daß in den Schallmissionsberechnungen nach Schall 03 der Güterzuganteil durchaus berücksichtigt wird:

So ergeben sich z.B. für stark unterschiedliche Güterzuganteile von 20 % bzw. 80 % bei gleicher Gesamtzahl von Zugvorbeifahrten folgende Schallemissionsanteile:

	<b>Fall1:</b> Personenzüge 80 % Güterzüge 20 %	<b>Fall2:</b> Personenzüge 20 % Güterzüge 80 %
<b>Personenzüge</b>	<b>67.1</b>	<b>61.1</b>
<b>Güterzüge</b>	<b>65.9</b>	<b>72.0</b>
<b>Gesamt</b>	<b>69.6</b>	<b>72.3</b>

Tab. 1: Schallemission Nacht im Abstand von 25 m nach Schall 03 in dB(A)

Es zeigt sich, daß sich der höhere Güterzuganteil im Fall 2 auch deutlich in der errechneten Lärmbelastung ausdrückt; und zwar liegt die Gesamtschallemission bei gleicher Anzahl von Vorbeifahrten in Fall 2 (höherer Güterzuganteil) um 3 dB(A) über Fall 1 (höherer Personenzuganteil). Zur Verdeutlichung: Eine Pegelerhöhung von 3 dB(A) entspricht der Pegelerhöhung bei Verdoppelung der Verkehrsmenge.

## 8.2 Oberbundesanwalt-Gutachten

### 8.2.1 Problem

Dem Oberbundsanwalt Baumgärtel wurde die zuvor genannte ingenieurwissenschaftliche ‘Gutachterliche Stellungnahme’ zu der mathematischen Arbeit vorgelegt. Daraus fertigte er das im folgenden wörtlich zitierte ‘Juristische Gutachten’ an, wobei für dieses [4], [6], [7], [9] und die im Text zitierte Literatur angegeben wird.

### 8.2.2 Gutachten

Es ist allgemein anerkannt, daß auf Grund von verschiedenen Fakten Schienenverkehrslärm als weniger lästig empfunden wird als Straßenverkehrslärm... Insbesondere ist in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen, daß der Schienenbonus in der Anlage 2 zu § 3 der Verkehrslärmschutzverordnung rechtsverbindlich festgelegt ist ..., wobei dem Ordnungsgeber regelmäßig ein größerer Spielraum bei der Festlegung konkreter Grenzwerte (bzw. deren Berechnung) zusteht als dem für eine Entscheidung zuständigen Gericht....

Bei der Festlegung des Schienenbonus in Höhe eines Abschlags von 5 dB(A) hat der Ordnungsgeber die durch §§ 41 ff. BImSchG vorgegebene Grenze seiner Verordnungsermächtigung nicht verlassen. ... Schon bei der Verabschiedung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes war bekannt, daß Schienenverkehrslärm anders auf Menschen einwirkt als Straßenverkehrslärm (vgl. die Nachweise bei Hauck: Lästigkeitsunterschied zwischen den Geräuschen des Straßenverkehrs und des Schienenverkehrs; in Zeitschrift für Lärmbekämpfung 1991, S.162 <163>). Bereits damals verfügte man über umfangreiches Wissen bezüglich der Faktoren, die die Lärmwirkung bestimmen. Dabei gibt es eine Reihe unterschiedlicher, überwiegend psychologischer Einflüsse, auf Grund derer der Schienenverkehrslärm als weit weniger lästig empfunden wird als Straßenverkehrslärm: Geräuschpausen, regelmäßige Lärmeinflüsse, gleichbleibende Lautstärke - auch der Spitzenpegel - (vgl. dazu Hauck a.a.O.). Zwar bedeutet dies nicht automatisch, daß zwingend ein Schienenbonus vorgeschrieben werden müßte. Im Rahmen der pflichtgemäßen Prüfung hat der Ordnungsgeber aber die ausdrückliche Ermächtigung, diese Besonderheiten in dem Berechnungsverfahren für die von Schienenverkehrswegen ausgehenden Lärmemissionen zu berücksichtigen.

Der Ordnungsgeber hat sich von langfristigen Untersuchungen leiten lassen, die ergeben haben, daß Schienenverkehrslärm sowohl am Tage als auch insbesondere während der Nachtzeit gegenüber Straßenverkehrslärm als weniger belastend empfunden wird. ... Sowohl durch die sog. Stuttgarter Studie ... als auch in einer umfangreichen interdisziplinären Feldstudie ... und die ergänzend dazu erstellte sog. Fensterstudie ... wurde ermittelt, daß ein Schienenbonus existiert (vergl. Möhler: Gutachterliche Stellungnahme zu Windelberg ...). Wissenschaftliche Untersuchungen darüber, warum dies der Fall ist, gibt es - soweit erkennbar - bisher nicht. Allerdings sind dies wohl in erster Linie die o.g. psychologischen Faktoren, denn die im täglichen Leben auftretenden Geräusche unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf den Menschen wegen der unterschiedlichen Quellen teilweise ganz erheblich (vgl. Heimerl: Beurteilung des Schienenverkehrslärms unter Berücksichtigung seiner Besonderheiten; in Eisenbahntechnische Rundschau 1992, 485 <490>). Die Geräusche

sind nämlich gekennzeichnet durch ihren Schalldruck, durch die Frequenzzusammensetzung, durch die Häufigkeit und Dauer ihres Auftretens, durch die zeitliche Verteilung sowie durch ihren Informationsgehalt (Heimerl a.a.O.). Relativ leise auf den Menschen einwirkende Geräusche durch ein Radio in der Nachbarwohnung werden z.B. regelmäßig als erheblich lästiger empfunden als relativ lauter Regen (vgl. Hauck a.a.O., S. 163).

Im übrigen wurde sowohl der Anteil der Güterzüge (und die daraus resultierende unterschiedliche Lärmbelastigung, die außerdem in der Schall 03 ihren Niederschlag findet) als auch eine relativ hohe Zugfrequenz in den dargelegten Studien angemessen berücksichtigt (Möhler a.a.O.).

Als Ergebnis kann deshalb festgehalten werden, daß bei Zugrundelegung eines Mittelungspegels im Pegelbereich von 50 dB(A) bis 70 dB(A) der Schienenbonus tagsüber mit mindestens 5 dB(A) und nachts sogar mit 10 dB(A) angesetzt werden kann (vgl. Hauck a.a.O. S. 164 ff.; Heimerl a.a.O. S. 187 ff.). Dabei ist die Zugrundelegung des Mittelungspegels aus unterschiedlichen Gründen sachgerecht (vgl. Möhler: Spitzenpegel beim Schienenverkehrslärm; in Zeitschrift für Lärmbekämpfung 1990, 35 <39f.>), zumal hierüber auch internationales Einvernehmen erzielt worden ist (vgl. Heimerl a.a.O. S. 490).

Als Folge dessen finden diese Besonderheiten bei der Berechnung des Beurteilungspegels bei Schienenverkehrswegen im Korrektursummanden S als „Korrektur um minus 5 dB(A) zur Berücksichtigung der geringeren Störwirkung des Schienenverkehrslärms“ (Anlage 2 zu § 3 der Verkehrslärmschutzverordnung) ihren Niederschlag.

Die Regelung des sog. Schienenbonus erweist sich nach alledem als sachgerecht und begegnet deshalb keinen rechtlichen Bedenken; der Umstand, daß der Schienenbonus generell nur auf 5 dB(A) festgelegt wurde, gibt im wesentlichen vielmehr eine politische Entscheidung des Ordnungsgebers wieder.

Der Oberbundesanwalt beim Bundesverwaltungsgericht